

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA00-201

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 43/12

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内

 【氏名】 佐藤 秀樹

【特許出願人】

 【識別番号】 000004075

 【氏名又は名称】 ヤマハ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088971

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

 【識別番号】 100115185

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 加藤 慎治

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 075994

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気センサ及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサであって、

前記磁気抵抗効果素子を同一基板上に複数個備えるとともに、同複数の磁気抵抗効果素子のうち少なくとも二つの磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きが互いに異なるように形成されてなる磁気センサ。

【請求項 2】

ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、

基板上に前記ピンド層となる磁性層を所定の形状に形成する工程と、

前記ピンド層となる磁性層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層を形成する工程と、

前記磁場印加用磁性層を磁化させる工程と、

前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場で前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含む磁気センサの製造方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の磁気センサの製造方法であって、

前記磁場印加用磁性層を形成する工程は、平面視において前記ピンド層となる磁性層を挟むように前記磁場印加用磁性層を形成する工程である磁気センサの製造方法。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の磁気センサの製造方法であって、前記磁場印加用磁性層の磁化の向きと前記残留磁化による磁場の向きが異なる磁気センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ピンド層とフリー層とを含んでなる磁気抵抗効果素子を用いた磁気センサに関し、特に、前記ピンド層の磁化の向きが互いに異なる二以上の磁気抵抗効果素子を同一基板上に有する磁気センサ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、磁気センサに使用され得る素子として、巨大磁気抵抗素子（GMR素子）、及び磁気トンネル効果素子（TMR素子）等が知られている。これらの磁気抵抗効果素子は、磁化の向きが所定の向きにピン（固定）されたピンド層と、磁化の向きが外部磁界に応じて変化するフリー層とを備えていて、ピンド層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きの相対関係に応じた抵抗値を呈する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ピンド層の磁化の向きが互いに異なる二以上の磁気抵抗効果素子を同一基板上に形成することは容易でなく、従って、磁気抵抗効果素子を用いた同一基板からなる磁気センサは、その応用範囲を広くできないという問題があった。

【0004】

【本発明の概要】

本発明の特徴は、ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサであって、前記磁気抵抗効果素子を同一基板上に複数個備えるとともに、同複数の磁気抵抗効果素子のうち少なくとも二つの磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きが互いに異なるように形成されたことにある。

【0005】

これによれば、ピンド層の磁化の向きが互いに異なる磁気抵抗効果素子が同一基板上に形成されているので、小型で且つ応用範囲の広い磁気センサが提供され

る。

【0006】

本発明の他の特徴は、ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、基板上に前記ピンド層となる磁性層を所定の形状に形成する工程と、前記ピンド層となる磁性層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層を形成する工程と、前記磁場印加用磁性層を磁化させる工程と、前記磁場印加用磁性層の残留磁化により前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含んだことにある。

【0007】

これによれば、ピンド層となるべき磁性層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層が、例えばメッキなどにより形成され、その後この磁場印加用磁性層が磁化される。そして、前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場で前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きがピンされる。この場合、前記磁場印加用磁性層を形成する工程は、平面視において前記ピンド層となる磁性層を挟むように前記磁場印加用磁性層を形成することが有利であり、前記磁場印加用磁性層の磁化の向きと前記残留磁化により発生する磁場の向きが異なることが有利である。

【0008】

前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場の向きは、同磁場印加用磁性層の端面形状に依存する。従って、この端面形状を適宜の形状とすることで、ピンド層となる磁性層に付与する磁化の向きを任意の向きとすることができ、これにより、互いに異なる向きに磁化がピンされたピンド層を有する二以上の磁気抵抗効果素子を同一基板上に簡単に製造することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による磁気センサの各実施形態について図面を参照しながら説明する。第1実施形態に係る磁気センサは、平面図である図1に示したように、例えば SiO_2/Si 、ガラス又は石英からなる略正形状の基板10と、二つの磁気トンネル効果素子（群）11、21と、バイアス磁界用のコイル30と、複

数の電極パッド40a～40fとを備えている。磁気トンネル効果素子（群）11、21、及びバイアス磁界用のコイル30は、それぞれ電極パッド40a、40b、40c、40d、及び40e、40fに接続されている。磁気トンネル効果素子（群）11と磁気トンネル効果素子（群）21は構造上同一であるので、以下においては、磁気トンネル効果素子（群）11を代表例として説明し、磁気トンネル効果素子（群）21についての説明を省略する。

【0010】

磁気トンネル効果素子（群）11は、拡大平面図である図2に示したように、直列接続された複数の（この例では、20個）の磁気トンネル効果素子からなっている。各磁気トンネル効果素子は、図2の1-1平面に沿った部分断面図である図3に示したように、基板10の上に平面形状を長方形にした複数の下部電極12を備えている。下部電極12は、横方向に所定の間隔を隔てて一列に配置されていて、導電性非磁性金属材料であるTa（Cr、Tiでも良い。）により膜厚30nm程度に形成されている。各下部電極12の上には、同下部電極12と同一平面形状に形成され、膜厚30nm程度のPtMnからなる反強磁性膜13がそれぞれ積層されている。

【0011】

各反強磁性膜13の上には、膜厚20nm程度のNiFeからなる一対の強磁性膜14、14が間隔を隔てて積層されている。この強磁性膜14、14は、平面視において長方形形状を有し、各長辺が平行に対向されるように配置されていて、反強磁性膜13により磁化の向きがピンされたピンド層を構成するものであり、部分拡大平面図である図4の矢印方向（右向き）に磁化されている。なお、反強磁性膜13と強磁性膜（ピンド層）14は、磁化の向きが実質的に固定された（固定磁化軸を有する）固定磁化層を構成している。

【0012】

各強磁性膜14の上には、同強磁性膜14と同一平面形状を有する絶縁層15が形成されている。この絶縁層15は、絶縁材料である Al_2O_3 （Al-O）からなり、その膜厚は1nm程度となるように形成されている。

【0013】

絶縁層 1 5 の上には、同絶縁層 1 5 と同一平面形状を有し、膜厚 8 0 n m 程度の N i F e からなる強磁性膜 1 6 が形成されている。この強磁性膜 1 6 は、その磁化の向きが外部磁界の向きに応じて変化するフリー層（自由磁化層）を構成し、前記強磁性膜 1 4 からなるピンド層と前記絶縁層 1 5 とともに磁気トンネル接合構造を形成している。即ち、反強磁性膜 1 3、強磁性膜 1 4、絶縁層 1 5、及び強磁性膜 1 6 により、一つの磁気トンネル効果素子（電極等を除く）が構成される。

【 0 0 1 4 】

各強磁性膜 1 6 の上には、同各強磁性膜 1 6 と同一平面形状のダミー膜 1 7 がそれぞれ形成されている。このダミー膜 1 7 は、膜厚 4 0 n m 程度の T a 膜からなる導電性非磁性金属材料により構成されている。

【 0 0 1 5 】

基板 1 0、下部電極 1 2、反強磁性膜 1 3、強磁性膜 1 4、絶縁層 1 5、強磁性膜 1 6、及びダミー膜 1 7 を覆う領域には、複数の下部電極 1 2 及び反強磁性膜 1 3 をそれぞれ絶縁分離するとともに、各反強磁性膜 1 3 上に設けた一対の強磁性膜 1 4、絶縁層 1 5、強磁性膜 1 6 及びダミー膜 1 7 をそれぞれ絶縁分離するための層間絶縁層 1 8 が設けられている。層間絶縁層 1 8 は S i O₂ からなり、その膜厚は 2 5 0 n m 程度である。

【 0 0 1 6 】

この層間絶縁層 1 8 には、各ダミー膜 1 7 上にてコンタクトホール 1 8 a がそれぞれ形成されている。このコンタクトホール 1 8 a を埋設するとともに、異なる下部電極 1 2（及び反強磁性膜 1 3）上に設けた一対のダミー膜 1 7、1 7 の各一方間を互いに電氣的に接続するように、例えば膜厚 3 0 0 n m の A l からなる上部電極 1 9、1 9 がそれぞれ形成されている。このように、下部電極 1 2 及び反強磁性膜 1 3 と、上部電極 1 9 とにより、隣り合う一対の磁気トンネル接合構造の各強磁性膜 1 6、1 6（各ダミー膜 1 7、1 7）と各反強磁性膜 1 3、1 3 とをそれぞれ交互に順次電氣的に接続することで、ピンド層の磁化の向きが同一であって、且つ、複数の磁気トンネル接合構造を直列に接続した磁気トンネル効果素子（群） 1 1 が形成される。なお、上部電極 1 9、1 9 の上には図示を省

略した SiO 及び SiN からなる保護膜が形成されている。

【0017】

コイル 30 は、上記磁気トンネル効果素子（群）11, 21 に交流のバイアス磁界を付与するためのものであって、磁気トンネル効果素子（群）11, 21 の下方を同磁気トンネル効果素子（群）11, 21 のピンド層の磁化の向きと平行な向きに延びるように、基板 10 の上部内に埋設されている。

【0018】

次に、上記磁気トンネル効果素子の製造方法について図 5 ～ 図 17 を参照しながら説明する。なお、図 5 ～ 図 12 及び図 14 ～ 図 17 においては、説明のため、4 個の磁気トンネル効果素子が直列接続されてなる磁気トンネル効果素子群が示されている。また、これらの図においてはコイル 30 が省略されている。

【0019】

先ず、図 5 に示したように、基板 10（この段階では、後のダイシングにより複数の磁気センサが得られる一枚の基板である。）の上に下部電極 12 を構成する Ta からなる膜を膜厚 30 nm 程度にスパッタリングにより形成し、次いで固定磁化層の反強磁性膜 13 及び強磁性膜（ピンド層）14 を構成するための PtMn からなる膜及び NiFe からなる膜を、それぞれ膜厚が 30 nm 及び 20 nm となるようにスパッタリングにより形成する。ここでは、下部電極 12、反強磁性膜 13 となる PtMn 膜、及び強磁性膜 14 となる FeNi 膜を下磁性層 S_J と称呼する。

【0020】

その後、Al を 1 nm だけ積層し、酸素ガスによってこれを酸化させて絶縁層 15 となる Al_2O_3 ($\text{Al}-\text{O}$) からなる膜を形成する。次いで、フリー層の強磁性膜 16 を構成する NiFe からなる膜を例えばスパッタリングにより膜厚が 80 nm となるように形成し、その上にダミー膜 17 を構成する Ta からなる膜を膜厚が 40 nm となるように形成する。ここでは、強磁性膜 14 及びダミー膜 17 を上磁性層 U_J と称呼する。次いで、イオンミリング等により図 6 に示したように上磁化層 U_J を加工して分離し、図 7 に示したように下磁性層 S_J を加工して分離する。

【 0 0 2 1 】

次に、図 8 に示したように、層間絶縁層 1 8 を構成する SiO_2 からなる膜を膜厚が素子上で 2 5 0 n m となるようにスパッタリングによって形成し、その上にメッキ下地膜として Cr からなる膜及び Ni Fe からなる膜をそれぞれの膜厚が 1 0 0 n m および 5 0 n m となるようにスパッタリングにより形成する。次に、図 9 に示したようにレジスト 5 1 を塗布する。レジスト 5 1 は後にメッキを行う部分を覆わないように、所定の形状にパターンニングされる。

【 0 0 2 2 】

次いで、図 1 0 に示したように、磁場印加用磁性層として Ni Co をメッキする。この Ni Co の厚さは、例えば 1 0 μm とする。そして、図 1 1 に示したようにレジストを除去した後、図 1 2 に示したように全面に対するミリング (Arミリング) により、メッキ下地膜として形成した Ni Fe を除去する。

【 0 0 2 3 】

図 1 3 は、かかる状態のウエハの平面図である。なお、図 1 3 においては、後のダイシングにより分割される基板の各々に便宜上符号 1 0 を付している。図 1 3 に示したように、先のレジストのパターンニングにより、磁場印加用磁性層 (Ni Co) は個々が略正形状であって、その中心が隣り合う 4 個の後に個々に分割される基板 1 0 の中心上となるように形成され、縦方向及び横方向において磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 の直上部を除くように (即ち、平面視において磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 を挟むように) 配設される。この状態で、各磁場印加用磁性層のなす正方形の対角線に平行な方向に約 1 0 0 0 (Oe) の強さの磁場を与え、同磁場印加用磁性層を図 1 3 の矢印 A にて示した向きに磁化 (着磁) させる。

【 0 0 2 4 】

次いで、上記磁場を除去する。このとき、磁場印加用磁性層の残留磁化により、図 1 3 の矢印 B にて示したように、各磁場印加用磁性層の上辺から隣接する磁場印加用磁性層の下辺に向う磁場と、同各磁場印加用磁性層の右辺から隣接する磁場印加用磁性層の左辺に向う磁場が生じる。このため、磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 となる部分には、同部分の長手方向に平行な磁場が印加される

。そして、PtMnからなる反強磁性膜13を規則合金化するとともに交換結合磁界 H_{ex} を付与するため、ウエハを高温環境下に置く高温アニール処理を施す。この結果、同一基板10の上に形成される磁気トンネル効果素子（群）11, 21が、互いに異なる向き（この場合には、互いに直交する向き）に磁化された（ピンされた）ピンド層を有するようになる。即ち、各磁気トンネル効果素子（群）11, 21は、図1に矢印にて示した方向の磁化固定軸を有するようになる。

【0025】

次いで、図14に示したように、メッキ膜であるNiCo及びスパッタされた（メッキ下地膜の）NiFeを酸により除去し、図15に示したようにミリングによってCrを除去する。その後、図16に示したようにコンタクトホール18aを層間絶縁層18に形成し、図17に示したようにAl膜をその膜厚が300nmとなるようにスパッタリングにより形成し、これを配線形状に加工して上部電極19を形成する。

【0026】

そして、基板10の上に図1に示した電極パッド40a～40fを形成して、同電極パッド40a～40fを磁気トンネル効果素子（群）11, 21、及びコイル30とそれぞれ接続する。最後に、CVDにより150nmの膜厚を有するSiOからなる膜（図示省略）、及び1000nmの膜厚を有するSiNからなる膜（図示省略）を保護膜（パッシベーション膜）として形成する。この後、保護膜の一部をミリング、RIE、又はレジストマスクを用いたエッチングにより開孔し、電極パッド40a～40fを露出させる。次いで、基板のバックグラウンド（研削して薄くする）を行い、ダイシングにより個々の磁気センサに分離し、最後にパッケージングを行う。

【0027】

このように製造された図1に示した磁気トンネル効果素子（群）11に対し、図1のX軸方向と同X軸に直交するY軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率MR（MR比）を測定した。その結果を図18及び図19に示す。図18及び図19から明らかなように、磁気ト

ンネル効果素子（群）11のMR比は、X軸方向に変化する外部磁界に対する方が、Y軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群）11は、そのピンド層の磁化の向きがX軸に平行となっていることが確認された。

【0028】

同様に、図1に示した磁気トンネル効果素子（群）21に対し、X軸方向とY軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率MR（MR比）を測定した。その結果を図20及び図21に示す。図20及び図21から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群）21のMR比は、Y軸方向に変化する外部磁界に対する方が、X軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群）21は、そのピンド層の磁化の向きがY軸に平行となっていることが確認された。即ち、この磁気センサは、同一基板10上に磁化の向きが互いに異なるようにピンされたピンド層を有する二つの磁気トンネル効果素子（磁気抵抗効果素子）を有していることが確認された。

【0029】

次に、第2実施形態に係る磁気センサについて説明すると、第2実施形態は、第1実施形態の固定磁化層がPtMnとNiFeとから構成されていたのに対し、第2実施形態の固定磁化層が膜厚が30nmのMnRhからなる膜と膜厚が40nmのNiFe（ピンド層）からなる膜とにより構成されている点においてのみ同第1実施形態と異なる。一方、この固定磁化層の材質の相違により、第2実施形態の製造方法は第1実施形態のそれと若干だけ異なるので、以下に説明する。

【0030】

即ち、第2実施形態においては、図22に示したように、基板10の上に30nmの膜厚を有するTaからなる膜、30nmの膜厚を有するMnRhからなる膜、及び40nmの膜厚を有するNiFeからなる膜をスパッタリングにより形成し下磁性層SJを形成する。次いで1nmのAlを成膜してこれを酸化し、絶縁層15を形成する。その上に40nmの膜厚を有するNiFeからなる膜及び

40 nmの膜厚を有するTaからなる膜を形成して上磁性層UJを形成する。

【0031】

次いで、図23に示したように上磁化層UJを加工して分離し、図24に示したように下磁性層SJを加工して分離する。次に、図25に示したように、SiO₂をその膜厚が250 nmとなるようにスパッタリングして層間絶縁層18を形成し、続いて図26に示したように同層間絶縁層18にコンタクトホール18aを形成する。次いで、図27に示したようにAlをその膜厚が300 nmとなるようにスパッタリングし、これを配線形状に加工して上部電極19を形成する。そして、図28に示したようにSiO及びSiNからなる保護膜20をCVDにより形成する。

【0032】

次に、図29に示したように、メッキ下地膜としてCrからなる膜及びNiFeからなる膜をそれぞれの膜厚が100 nmおよび50 nmとなるようにスパッタリングにより形成し、続いて図30に示したようにレジスト51を塗布する。レジスト51は後にメッキを行う部分を覆わないように、所定の形状にパターニングされる。

【0033】

次いで、図31に示したように、磁場印加用磁性層としてNiCoをメッキする。このNiCoの厚さは、例えば10 μmとする。そして、図32に示したようにレジストを除去した後、図33に示したように全面に対するミリング（Arミリング）により、メッキ下地膜として形成したNiFeを除去する。この時点で、図13に示した状態となるので、各磁場印加用磁性層のなす正方形の対角線に平行な方向に約1000（Oe）の強さの磁場を与え、同磁場印加用磁性層を図13の矢印Aにて示した向きに磁化（着磁）させ、その後、同磁場を除去する。

【0034】

このとき、後に各磁気トンネル効果素子（群）11'，21'となる部分には、NiCoの残留磁化により、同部分の長手方向に平行な磁場が印加されることになる。そして、ウエハを高温環境下に置く高温アニール処理を施す。この結果

、同一基板 1 0 ' 上に形成される磁気トンネル効果素子（群） 1 1 ' , 2 1 ' が、互いに異なる向き（この場合には、互いに直交する向き）に磁化された（ピンされた）ピンド層を有することになる。高温アニール処理が終了した後は、図 3 4 に示したように酸によってメッキ膜 N i C o 及びメッキ下地膜の N i F e を除去し、図 3 5 に示したようにミリングによってメッキ下地膜 C r を除去する。その後は、第 1 実施形態と同様の処理を施す。

【 0 0 3 5 】

このように製造された図 1 に示した磁気トンネル効果素子（群） 1 1 ' に対し、X 軸方向と Y 軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率 M R （M R 比）を測定した。その結果を図 3 6 及び図 3 7 に示す。図 3 6 及び図 3 7 から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群） 1 1 ' の M R 比は、X 軸方向に変化する外部磁界に対する方が、Y 軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群） 1 1 ' は、そのピンド層の磁化の向きが X 軸に平行となっていることが確認された。

【 0 0 3 6 】

同様に、図 1 に示した磁気トンネル効果素子（群） 2 1 ' に対し、X 軸方向と Y 軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率 M R （M R 比）を測定した。その結果を図 3 8 及び図 3 9 に示す。図 3 8 及び図 3 9 から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群） 2 1 ' の M R 比は、Y 軸方向に変化する外部磁界に対する方が、X 軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群） 2 1 ' は、そのピンド層の磁化の向きが Y 軸に平行となっていることが確認された。即ち、この第 2 実施形態に係る磁気センサは、同一基板 1 0 ' 上に磁化の向きが互いに異なるようにピンされたピンド層を有する二つの磁気トンネル効果素子（磁気抵抗効果素子）を有していることが確認された。

【 0 0 3 7 】

以上、説明したように、第 1 , 第 2 実施形態の磁気センサはピンド層の磁化の向きが互いに異なる磁気トンネル効果素子を同一基板上に有している。このため

、異なる向きの磁界を検出する必要がある小型磁気センサ（例えば、地磁気センサ等）として用いることができる。また、上記各実施形態の製造方法によれば、このようなセンサを容易に製造することができる。

【 0 0 3 8 】

なお、第 1 実施形態では固定磁化層のピン層に P t M n を使用しているが、P t M n は最初に高温とするタイミングでピンド層をピンさせる必要があるため、保護膜形成のための C V D 等の高温処理がなされる前の段階で高温アニール処理を行う。これに対し、第 2 実施形態では固定磁化層のピン層に M n R h を使用していて、M n R h の膜質は高温アニール処理後に他の高温処理があると劣化する。そこで、第 2 実施形態においては、高温アニール処理を保護膜形成のための C V D 等の高温処理後に行うこととした。

【 0 0 3 9 】

また、上記第 1、第 2 実施形態の製造方法によれば、検出しようとする外部磁界に対して偶関数特性を示す磁気トンネル効果素子（群）を得ることができる。即ち、磁気トンネル効果素子群 1 1、2 1、1 1'、2 1' に対してピンド層の磁化の向きと直交する方向内で大きさが変化する磁界を付与すると、同ピンド層の磁化は図 4 0 のライン LP により示したように滑らかに変化する。一方、これらの素子のフリー層は、形状異方性により前記外部磁界の向きに敏感に反応し、図 4 0 のライン LF により示したように外部磁界の大きさが「0」近傍となるとステップ的に変化する。この結果、ピンド層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きの相対角度は、外部磁界が「0」のとき最大（略 9 0°）となり、外部磁界の大きさ（絶対値）が大きくなるほど減少する。このことは、図 1 9、図 2 0、図 3 7、及び図 3 8 により確認できる。

【 0 0 4 0 】

更に、図 1 3 から明らかなように、各磁場印加磁性層であるメッキ膜（N i C o）を同図 1 3 中矢印 A で示す一定の方向に磁化させた場合、同各メッキ膜の残留磁化により同各メッキ膜間に発生する磁場の向きは同メッキ膜の磁化の向きとは異なり、同図中矢印 B で示したように同メッキ膜 M の端面に垂直な向きとなる。従って、例えば、図 4 1 に示したようにメッキ膜 M の端面形状を設計し同メ

ッキ膜を矢印Cの向きに磁化すれば、ウエハ上の適宜の箇所に局所的に所望の向き（矢印Dにて示す向き）を有する磁場を発生させることができるので、これを利用して単一基板上に所望の向きの固定磁化軸を有する磁気トンネル効果素子TMR1, TMR2を製造することが可能となる。

【 0 0 4 1 】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記第1, 第2実施形態においては、メッキ膜として残留磁化の大きいNiCoが採用されていたが、これに代え残留磁化が大きい他の材料（例えばCo等）を採用してもよい。また、上記第1, 第2実施形態の磁気センサの素子は磁気トンネル効果素子であったが、例えばGMR素子のようなピンド層（固定磁化軸を有する層）を備える他の磁気抵抗効果素子にも本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態及び第2実施形態に係る磁気センサの概念的な平面図である。

【図2】 図1に示した磁気トンネル効果素子（群）の拡大平面図である。

【図3】 図2に示した磁気トンネル効果素子（群）を1-1線に沿った平面で切断した断面図である。

【図4】 図3に示した磁気トンネル効果素子の反強磁性膜と強磁性膜（ピンド層）を示す同素子の概略平面図である。

【図5】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図6】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図7】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図8】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図9】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図10】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図11】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図12】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図13】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略平面図である。

- 【図 1 4】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 1 5】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 1 6】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 1 7】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 1 8】 図 1 に示した一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（X 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。
- 【図 1 9】 図 1 に示した一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（Y 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。
- 【図 2 0】 図 1 に示した他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（X 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。
- 【図 2 1】 図 1 に示した他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（Y 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。
- 【図 2 2】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 3】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 4】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 5】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略平面図である。
- 【図 2 6】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 7】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 8】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 9】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略平面図である。
- 【図 3 0】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 1】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 2】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 3】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 4】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 3 5】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略平面図である。

【図 3 6】 第 2 実施形態に係る一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（図 1 の X 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。

【図 3 7】 第 2 実施形態に係る一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（図 1 の Y 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。

【図 3 8】 第 2 実施形態に係る他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（図 1 の X 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。

【図 3 9】 第 2 実施形態に係る他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（図 1 の Y 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。

【図 4 0】 第 1 及び第 2 実施形態に係る磁気トンネル効果素子群に対してピンド層の磁化の向きと直交する方向内で大きさが変化する磁界を付与した際のピンド層及びフリー層の磁化曲線を示すグラフである。

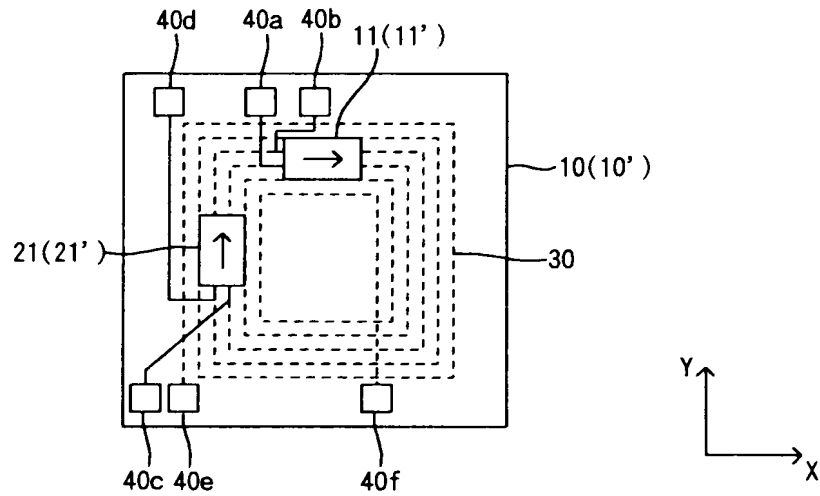
【図 4 1】 別の形状を有するメッキ膜を形成した基板の平面図である。

【符号の説明】

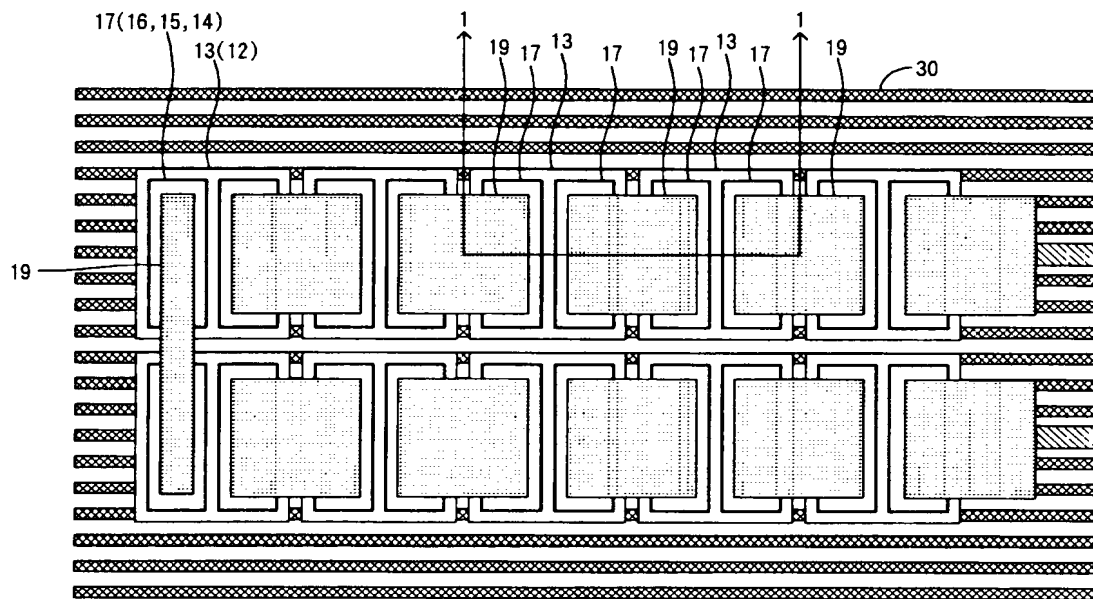
1 0 … 基板、1 2 … 下部電極、1 3 … 反強磁性膜、1 4 … 強磁性膜、1 5 … 絶縁層、1 6 … 強磁性膜、1 7 … ダミー膜、1 8 … 層間絶縁層、1 8 a … コンタクトホール、1 9 … 上部電極、2 0 … 保護膜、3 0 … コイル、1 1, 2 1 … 磁気トンネル効果素子群、5 1 … レジスト。

【書類名】 図面

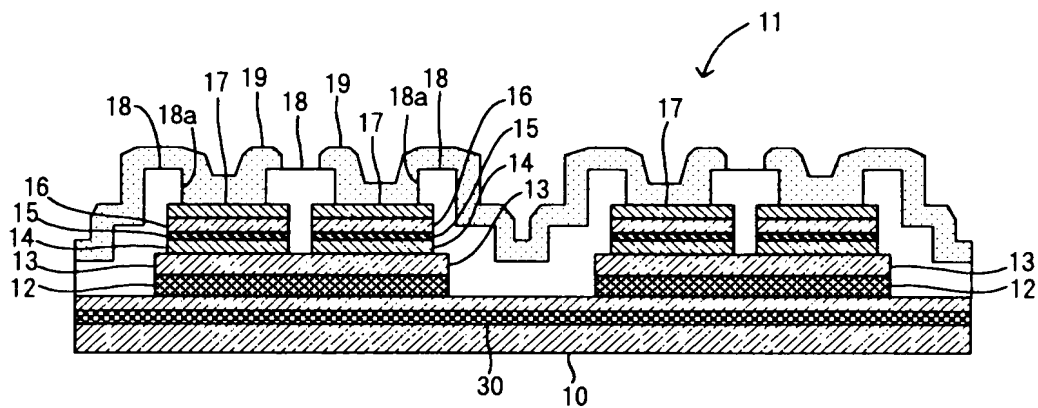
【図 1】



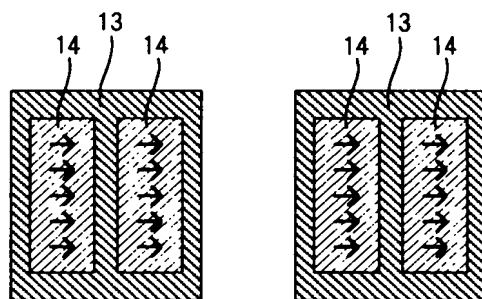
【図 2】



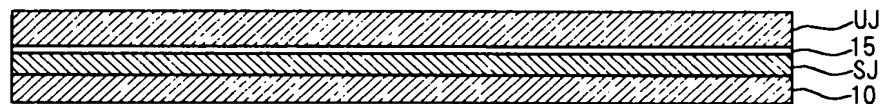
【図 3】



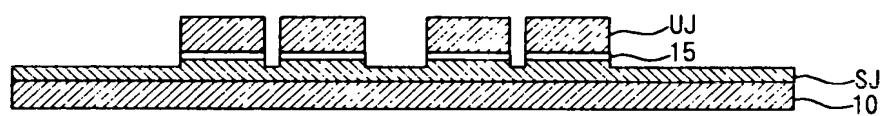
【図 4】



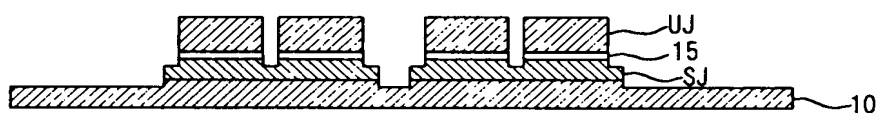
【図 5】



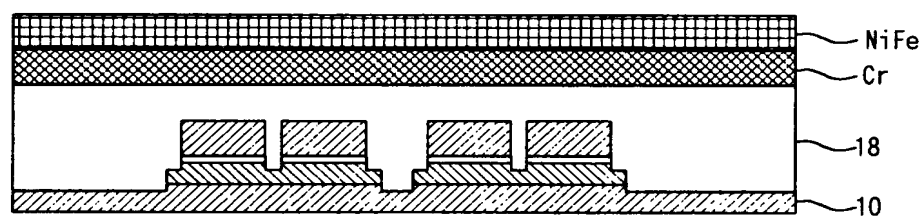
【図 6】



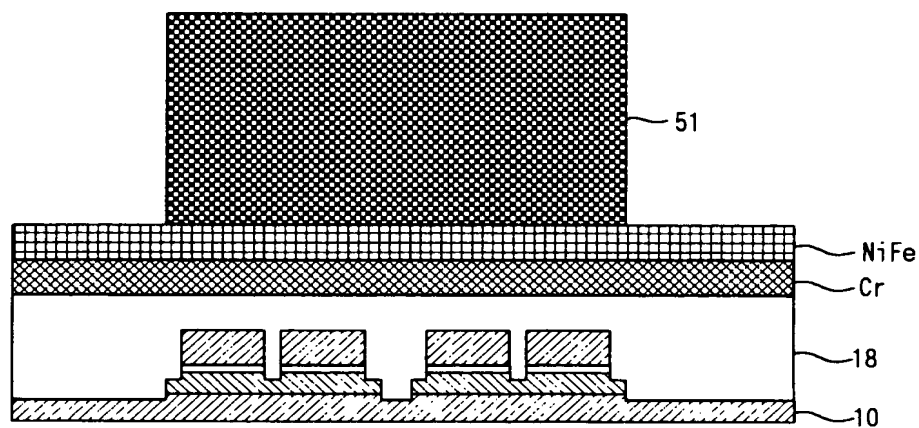
【図 7】



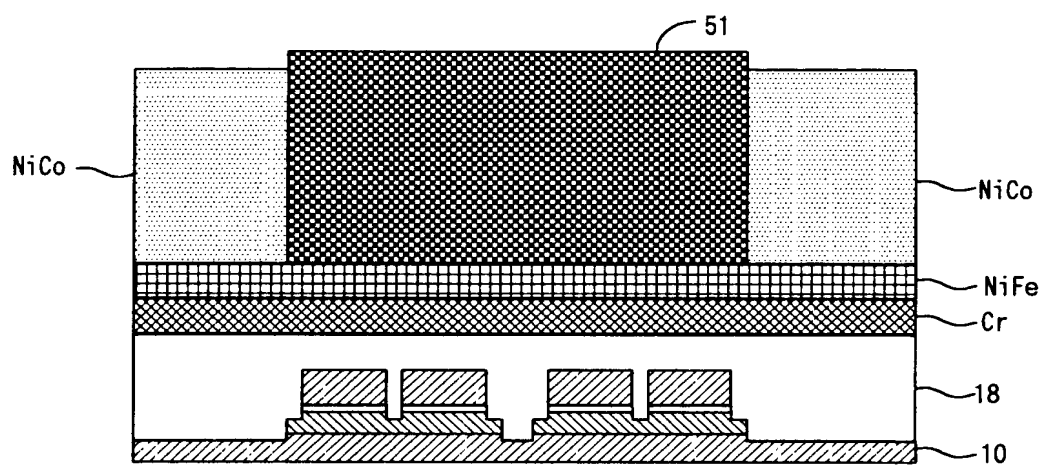
【図 8】



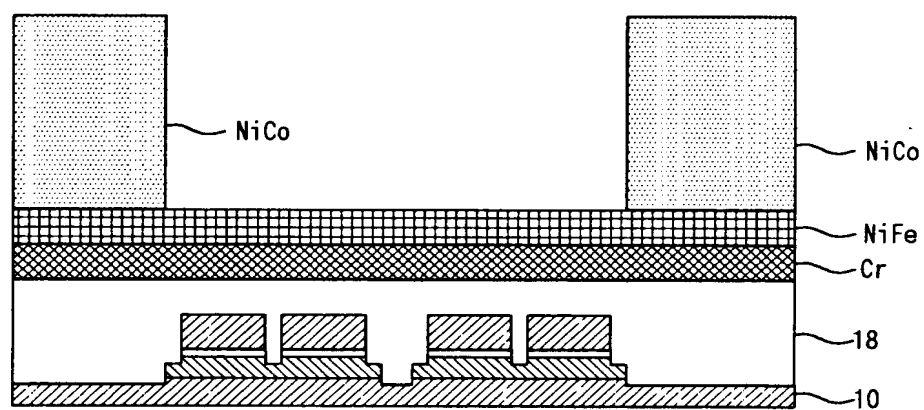
【図 9】



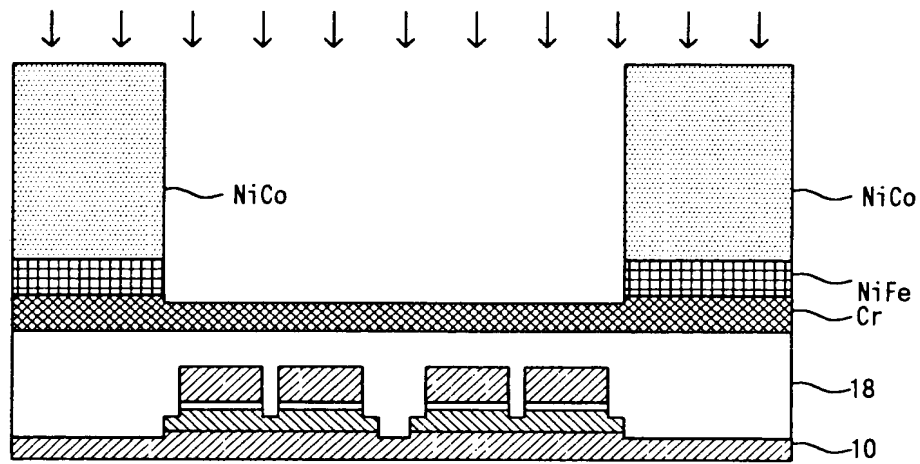
【図 10】



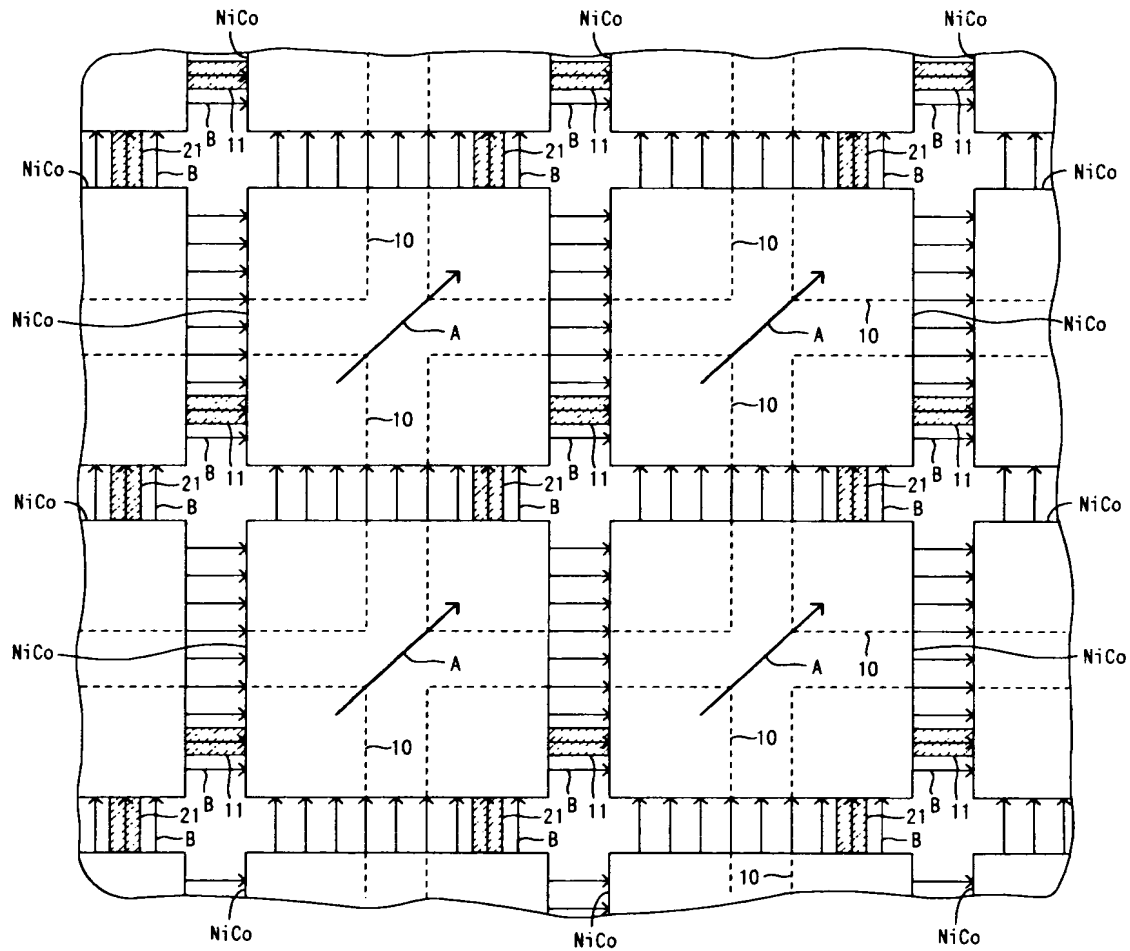
【図 11】



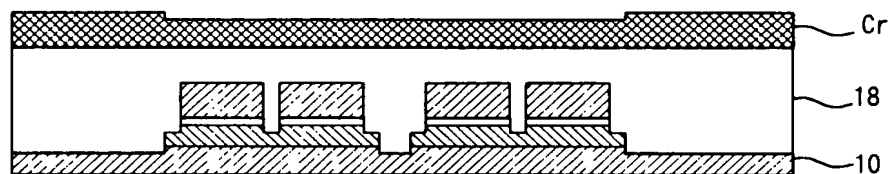
【図 1 2】



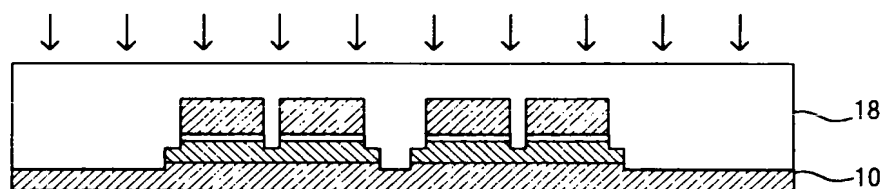
【図 13】



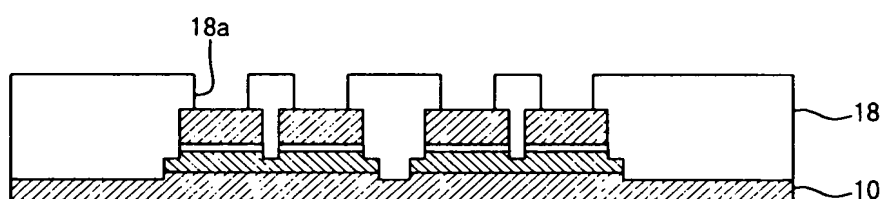
【図 14】



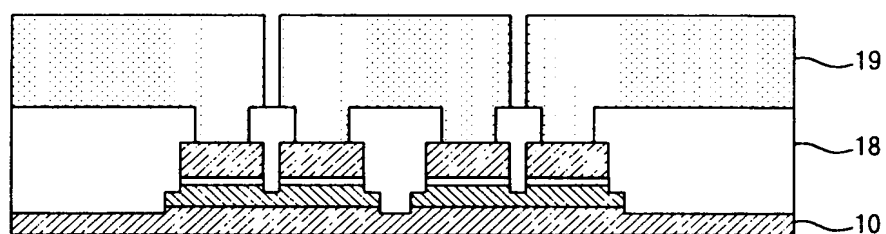
【図 1 5】



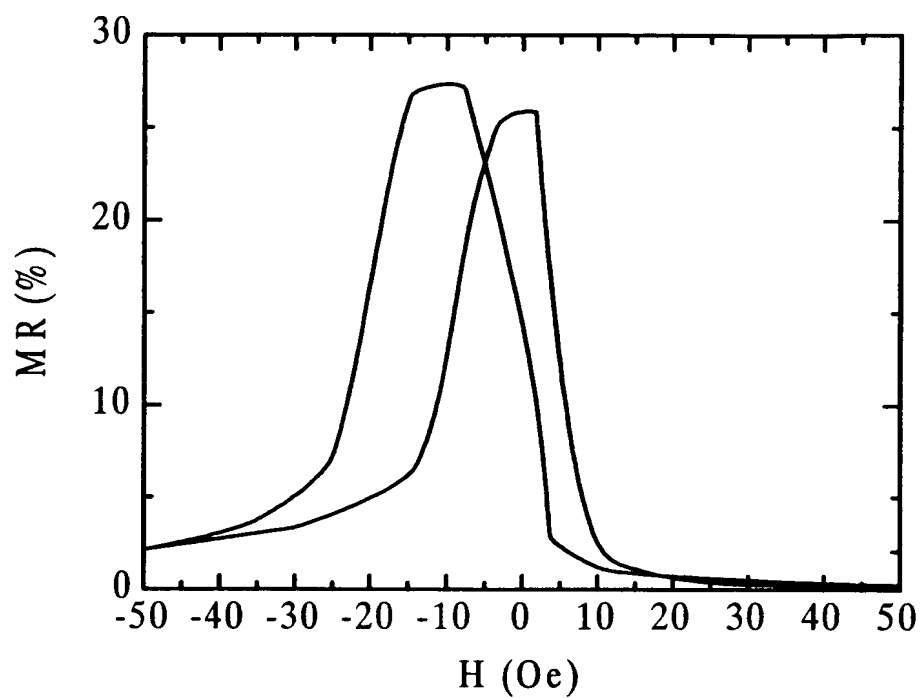
【図 1 6】



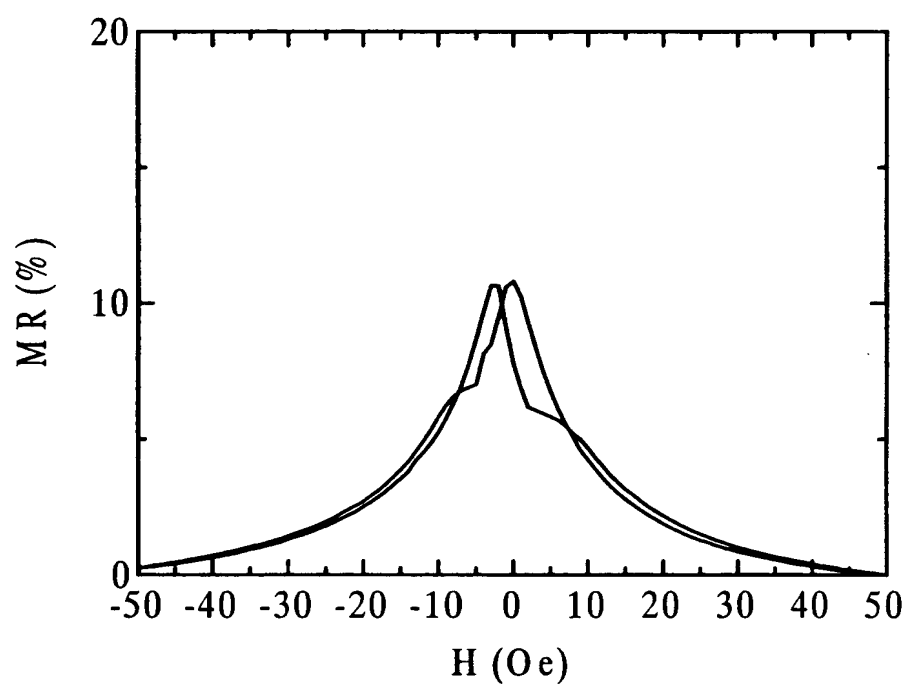
【図 1 7】



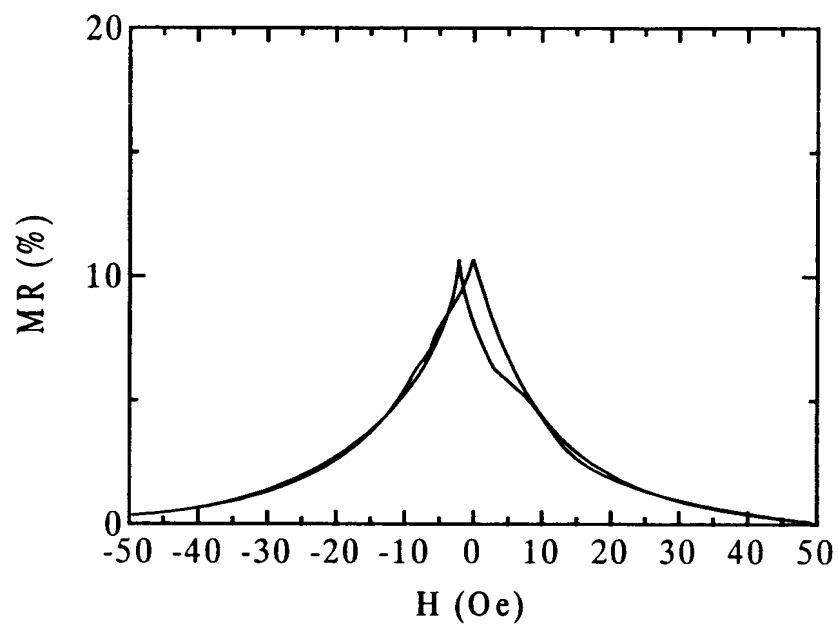
【図 18】



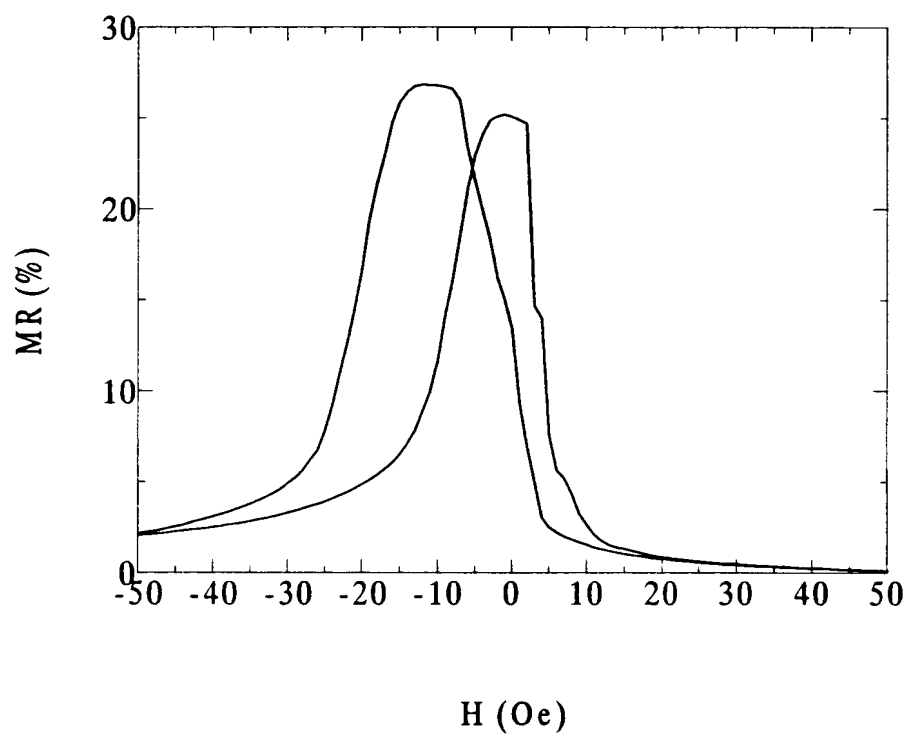
【図 19】



【図 2 0】



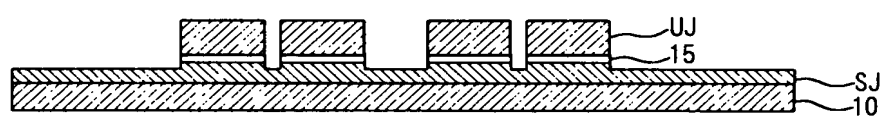
【図 2 1】



【図 2 2】



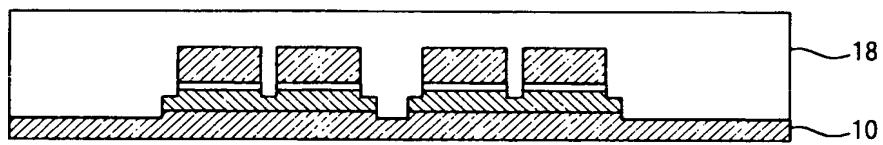
【図 2 3】



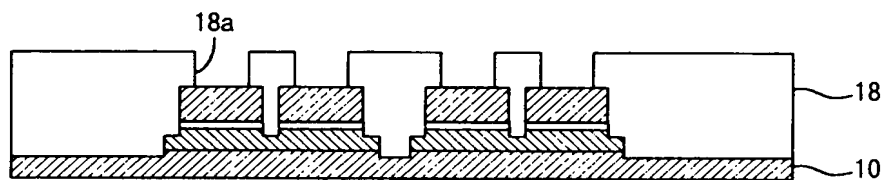
【図 2 4】



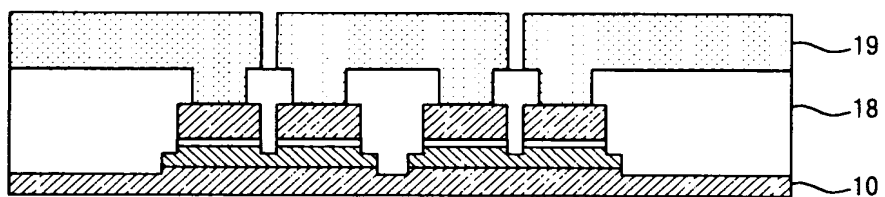
【図 2 5】



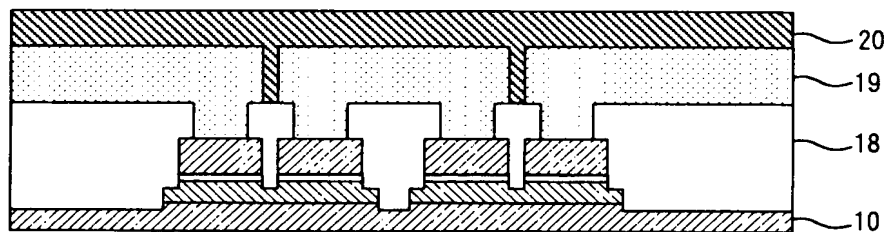
【図 2 6】



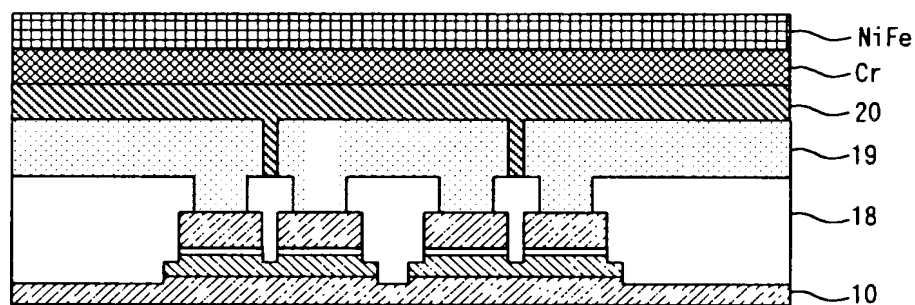
【図 2 7】



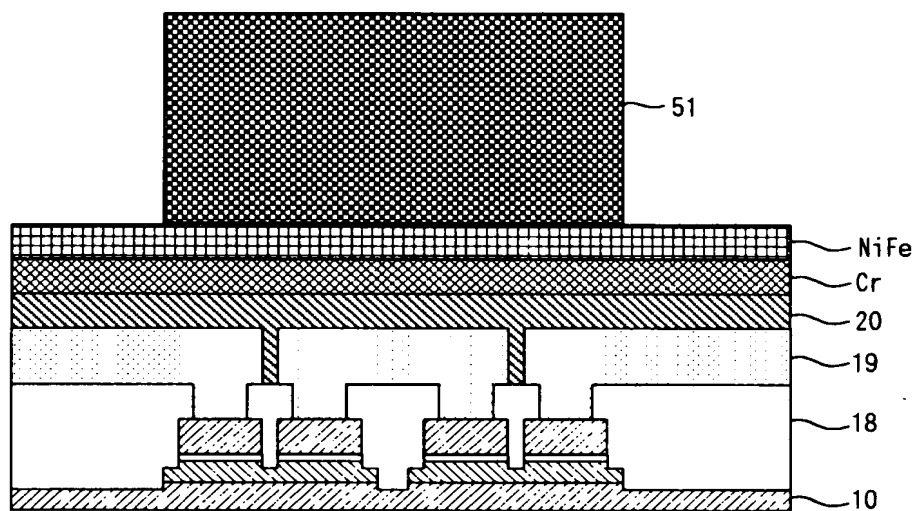
【図 2 8】



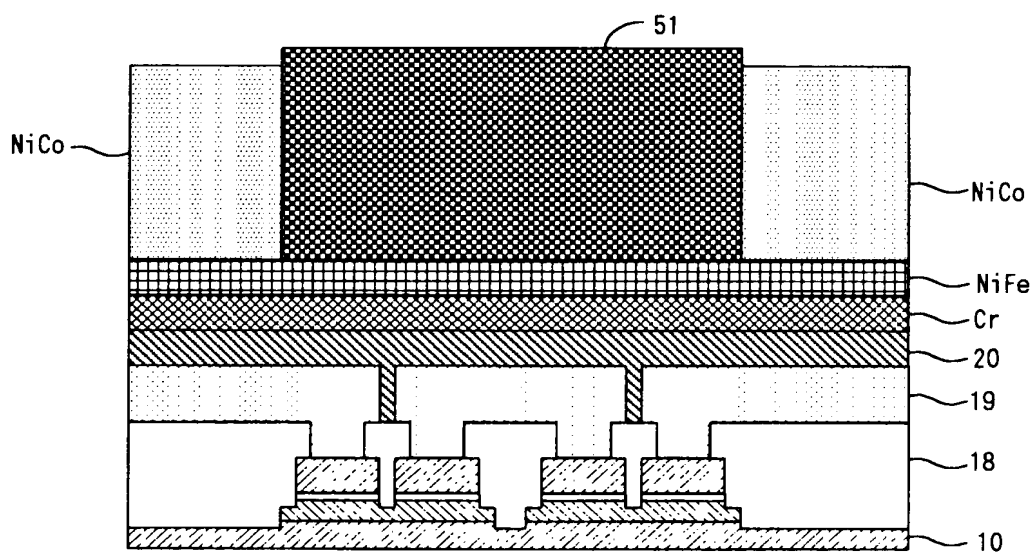
【図 2 9】



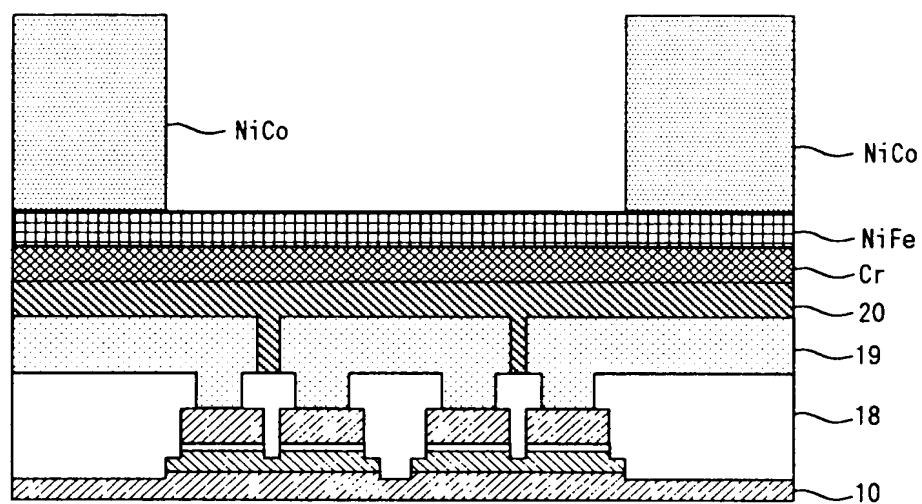
【図 3 0】



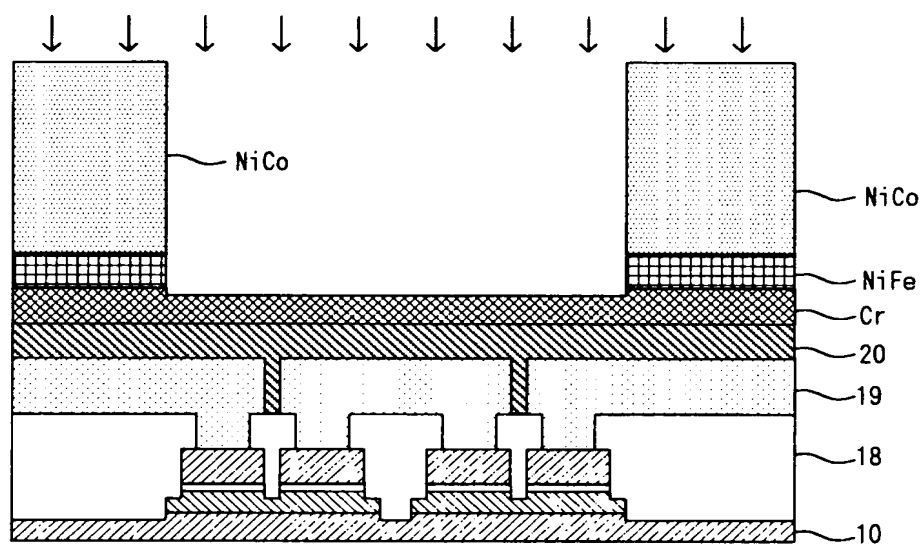
【図 3 1】



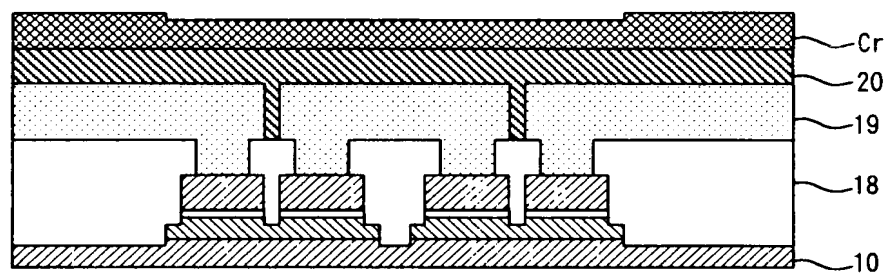
【図 3 2】



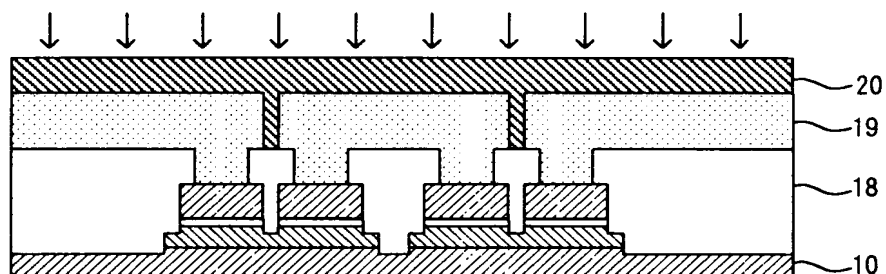
【図 3 3】



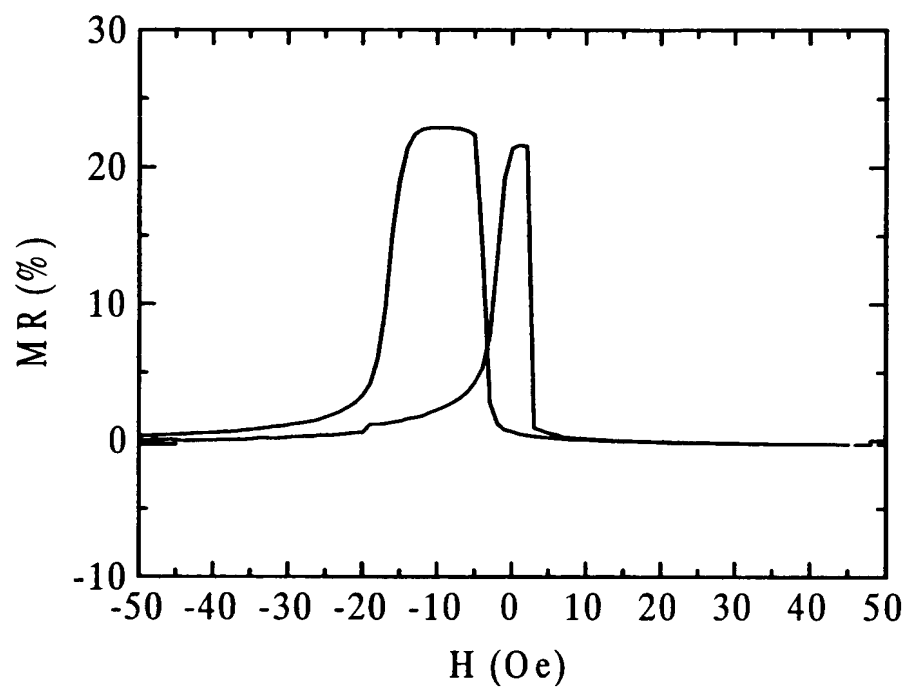
【図 3 4】



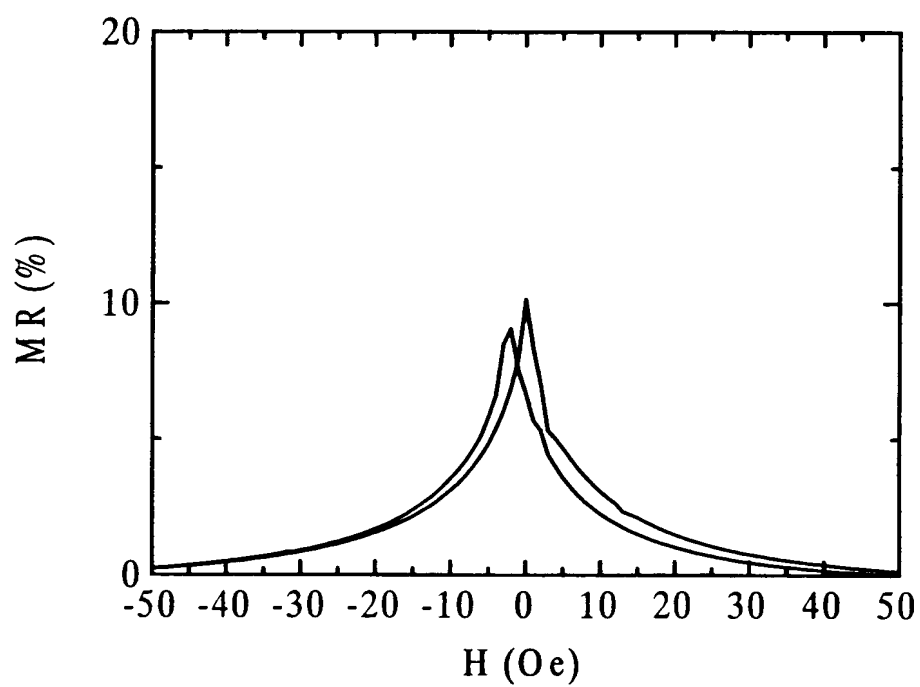
【図 3 5】



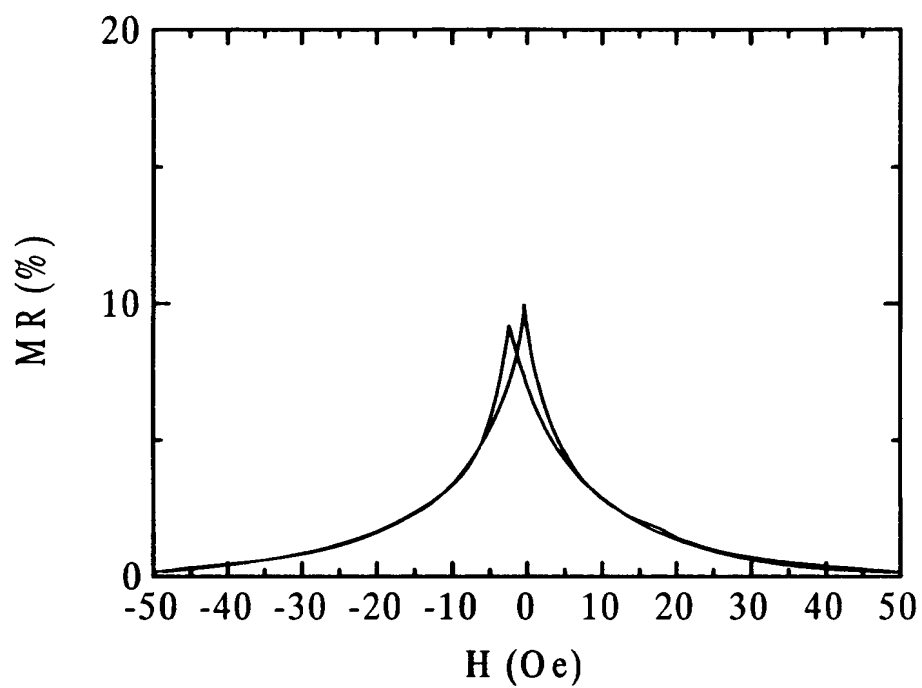
【図 36】



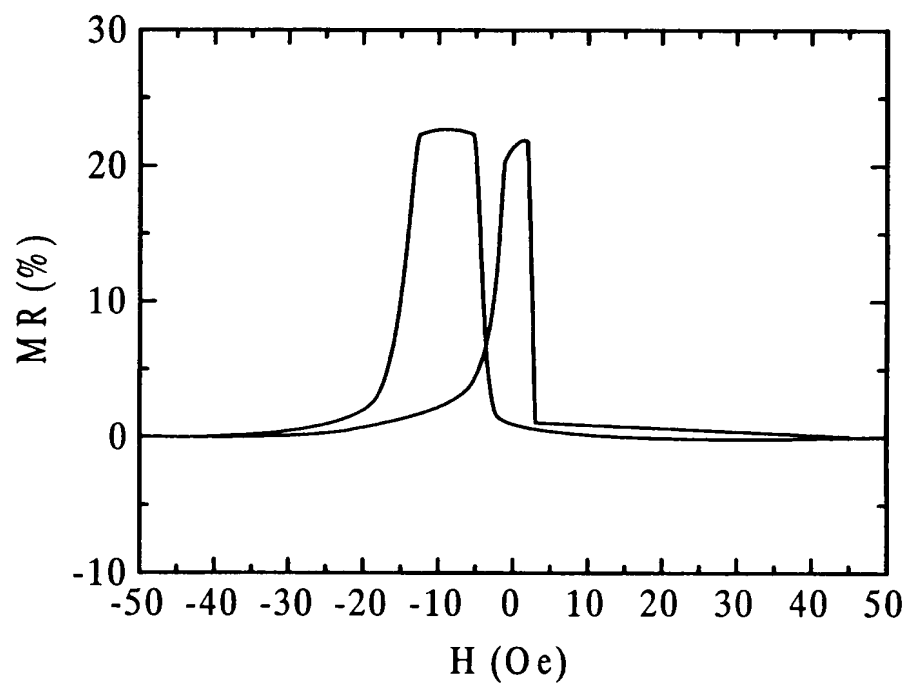
【図 37】



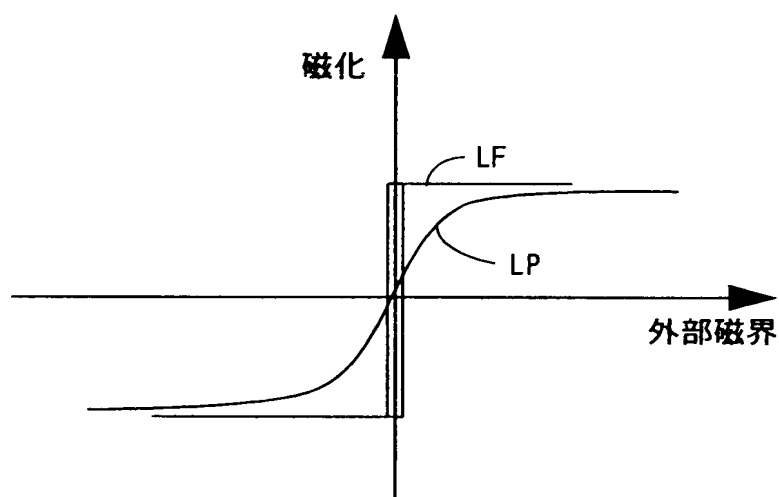
【図 38】



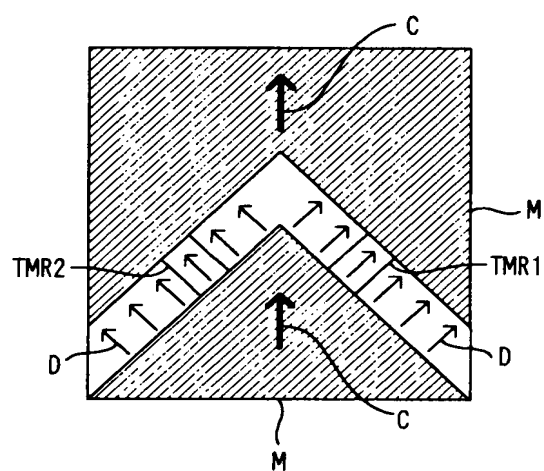
【図 39】



【図 4 0】



【図 4 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 同一基板上に、互いに異なる向きの固定磁化軸を有するピンド層を備えた複数の磁気抵抗効果素子を形成すること。

【解決手段】 基板 1 0 上には磁気抵抗効果素子として二つの磁気トンネル効果素子 1 1, 2 1 となる磁性層が形成され、同磁性層を平面視において挟むように N i C o からなる磁場印加用磁性層が形成される。そして、磁場印加用磁性層に対し磁場を印加し、同磁場印加用磁性層を矢印 A により示した方向に磁化した後、同磁場を除去する。この結果、磁気トンネル効果素子 1 1, 2 1 となる磁性層には磁場印加用磁性層の残留磁化により矢印 B により示した方向の磁場が印加され、同磁気トンネル効果素子 1 1, 2 1 となる磁性層のピンド層の磁化が同矢印 B により示した向きにピンされる。

【選択図】 図 1 3

認 定 ・ 付 加 情 報

| | |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 1 - 0 1 5 8 0 5 |
| 受付番号 | 5 0 1 0 0 0 9 5 2 6 9 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第五担当上席 0 0 9 4 |
| 作成日 | 平成 1 3 年 1 月 2 5 日 |

< 認定情報・付加情報 >

| | |
|-----------|---|
| 【提出日】 | 平成13年 1月24日 |
| 【特許出願人】 | |
| 【識別番号】 | 000004075 |
| 【住所又は居所】 | 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 |
| 【氏名又は名称】 | ヤマハ株式会社 |
| 【代理人】 | 申請人 |
| 【識別番号】 | 100088971 |
| 【住所又は居所】 | 愛知県名古屋市中村区椿町 1 5 番 1 9 号 大正生 命ビル プロスペック特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 大庭 咲夫 |
| 【選任した代理人】 | |
| 【識別番号】 | 100115185 |
| 【住所又は居所】 | 愛知県名古屋市中村区椿町 1 5 番 1 9 号 大正生 命ビル プロスペック特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 加藤 慎治 |

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 0 7 5]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 2 日
[変更理由] 新規登録
住 所 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号
氏 名 ヤマハ株式会社



Creation date: 09-15-2003
Indexing Officer: TBARIBOR - TUKA BARIBOR
Team: OIPEBackFileIndexing
Dossier: 10052525

Legal Date: 07-12-2002

| No. | Doccode | Number of pages |
|-----|---------|-----------------|
| 1 | LET. | 4 |

Total number of pages: 4

Remarks:

Order of re-scan issued on